

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Igora Turkiewicza pt. "Potencjalne wykorzystanie owoców pigwowca (*Chaenomeles* ssp.) w otrzymaniu innowacyjnych produktów o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych" zrealizowanej na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję wykonano w związku z uchwałą nr 10.2022.TZZ Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 26 kwietnia 2022 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej mgr inż. Igora Turkiewicza. Oceny dokonano zgodnie z art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

Znaczenie tematyki badań

Obecnie od żywności coraz częściej oczekuje się aby nie tylko zaspokajała zapotrzebowanie na składniki odżywcze ale także miała wartość dodaną. Szczególnie w dobie rozwoju chorób cywilizacyjnych poszukuje się produktów pomocnych w ich prewencji, a niekiedy również ich leczeniu. Jednak potencjalne właściwości prozdrowotne muszą być naukowo udokumentowane. Aby osiągnąć pożądany efekt niejednokrotnie należy wytypować konkretne gatunki i odmiany surowca oraz zoptymalizować technologię otrzymywania produktu finalnego. Jednocześnie oczekuje się, że taka żywność będzie zasobna w składniki bioaktywne, jak również atrakcyjna pod względem cech sensorycznych, ale wiele surowców wartościowych z punktu widzenia żywieniowego, w stanie świeżym jest nieakceptowalna przez konsumentów. Skłania to zarówno gremia naukowe, jak i producentów żywności do poszukiwania najodpowiedniejszych metod przetwarzania i oferowania produktów, które spełniłyby te oczekiwania. Dlatego też będące przedmiotem rozprawy otrzymywanie innowacyjnych produktów o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych doskonale wpisuje się w ten obszar badawczy, w którym szereg kwestii wymaga wciąż wyjaśnienia. Wybór temu uważam więc za trafny i w pełni uzasadniony. Podjęty problem badawczy ma duże znaczenie zarówno w obszarze poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Ocena formalna pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi spójny tematycznie cykl sześciu, prac, ujętych pod wspólnym tytułem: „Potencjalne wykorzystanie owoców pigwowca (*Chaenomeles* ssp.) w otrzymaniu innowacyjnych produktów o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych”, opublikowanych w języku angielskim w latach 2019 – 2021. Prace te są wynikiem realizacji projektów: Diamentowy Grant VII (MEiN) nr DI2017 006347 oraz Innowacyjny Doktorat (UP Wrocław) nr N070/0015/20. W skład cyklu publikacji stanowiących rozprawę doktorską wchodzi prace:

P1. Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Tkacz, K., Nowicka, P., Golis, T., Bąbelewski, P. (2020). ABTS on-line antioxidant, α -amylase, α -glucosidase, pancreatic lipase, acetyl- and butyrylcholinesterase inhibition activity of *Chaenomeles* fruits determined by polyphenols and other chemical compounds. *Antioxidants*, 9(1), 60. IF: 6,313; punkty MEiN 100.

P2. Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Tkacz, K., Nowicka, P. (2020). Carotenoids, chlorophylls, vitamin E and amino acid profile in fruits of nineteen *Chaenomeles* cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 93, 103608. IF: 4,556; punkty MEiN: 100.

P3. Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Lech, K., Tkacz, K., Nowicka, P. (2019). Influence of different drying methods on the quality of Japanese quince fruit. *LWT*, 114, 108416. IF: 4,952; punkty MEiN: 100.

P4. Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Tkacz, K., Lech, K., Nowicka, P. (2020). Osmotic dehydration as a pretreatment modulating the physicochemical and biological properties of the Japanese quince fruit dried by the convective and vacuum-microwave method. *Food and Bioprocess Technology*, 13(10), 1801-1816. IF: 4,465; punkty MEiN: 100.

P5. Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Tkacz, K., Lech, K., Michalska-Ciechanowska, A., Nowicka, P. (2020). The influence of different carrier agents and drying techniques on physical and chemical characterization of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) microencapsulation powder. *Food Chemistry*, 323, 126830. IF: 7,514; punkty MEiN: 200.

P6. Turkiewicz, I. P., Tkacz, K., Nowicka, P., Michalska-Ciechanowska, A., Lech, K., Wojdyło, A. (2021). Physicochemical characterization and biological potential of Japanese quince polyphenol extract treated by different drying techniques. *LWT*, 152, 112247. IF: 4,952 punkty; MEiN: 100.

Wszystkie publikacje zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR) o wysokim współczynniku IF. Na podkreślenie zasługują wysokie wskaźniki bibliometryczne charakteryzujące cykl publikacje. Łączny IF tych prac wynosi

32,752, a suma pkt. wg wykazu MNiSW 700. O doniosłości badań będących przedmiotem publikacji świadczy również wysoki wskaźnik cytowań Web of Science, który bez autocytowań na dzień 30.05.2022 wynosił 46.

We wszystkich publikacjach mgr inż. Igor Turkiewicz jest pierwszym autorem. Co prawda publikacje są wieloautorskie i powstały w zespołach złożonych z 4-6 osób, jednak należy podkreślić duży udział Doktoranta w szeroko pojętym procesie publikacyjnym. Zgodnie z załączonymi oświadczeniami wszystkich autorów o ich wkładzie w proces powstawania prac można stwierdzić, że Pan mgr inż. Igor Turkiewicz był kierownikiem projektu, w ramach którego przeprowadzono badania, współtworzył koncepcję doświadczeń, wykonywał analizy fizykochemiczne, chromatograficzne i badania potencjału biologicznego surowców i produktów. Brał czynny udział w opracowywaniu wyników oraz ich dyskusji, pisaniu publikacji i uczestnicząc w procesie odpowiedzi na recenzje. Należy w tym miejscu podkreślić umiejętność pracowania Doktoranta w zespole badawczym.

Rozprawa doktorska mgr inż. Igora Turkiewicza obejmuje łącznie 186 stron, w tym: streszczenie w języku polskim i angielskim, wprowadzenie (3 strony), cel i hipotezę (1 strona), organizację badań (4 strony), wyniki i dyskusję (46 stron), podsumowanie i wnioski (3 strony), literaturę (8 stron), załączniki (118 stron, z czego 77 stron obejmują wchodzące w skład cyklu publikacje).

Podsumowując ocenę formalną przedłożonej rozprawy, należy podkreślić bardzo wysoki jej poziom. Rozprawę przygotowano z należytą starannością, w uporządkowany i przemyślany sposób, dzięki czemu dobrze się ją czyta. Można zauważyć dużą wiedzę i swobodę Doktoranta w obszarze poruszanych zagadnień naukowo-badawczych.

Ocena merytoryczna

Układ przedłożonego maszynopisu jest przejrzysty i logiczny. Wprowadzenie dobrze odzwierciedla ważkość i aktualność podjętej tematyki badawczej. Cel i hipoteza badawcza zostały opracowane prawidłowo, a dla jej kompleksowej weryfikacji określono cztery cele szczegółowych, które uwidaczniają przemyślany sposób podejścia do tematu.

Materiał badawczy przedstawiono wraz ze schematem organizacji badań i odniesieniem w których publikacjach cyklu są one opisane. Prosiłbym o wyjaśnienie jak dokonano identyfikacji owoców pigwowca z krzewów dziko rosnących. Metodyka badań obejmowała 34 oznaczenia, które zostały pogrupowane jako analizy fizyko-chemiczne, chromatograficzne i spektro- oraz fluorometryczne, wraz z odniesieniem do artykułów, w których zostały one omówiane i

wykorzystane, co zarówno ułatwia ich znalezienie, jak również umożliwia weryfikację prawidłowości badań, co jest bardzo pomocne.

Przedstawienie wyników i ich dyskusję przeprowadzono w układzie pięciu rozdziałów. Rozpoczęto od określenie składu chemicznego i potencjału biologicznego owoców *Chaenomeles* wybranych gatunków i odmian. Na tym etapie dokonano pełnej charakterystyki składu chemicznego i określono potencjał biologiczny surowca (**P1 i P2**). Pozwoliło to na wyselekcjonowanie odmian o najwyższym potencjale biologicznym i ułatwiło określenie kierunku dalszych badań. Wykazano zróżnicowanie w obrębie poszczególnych 19 odmian. Potwierdzono m.in., że owoce pigwowca są bogatym źródłem związków pektynowych i charakteryzują się niską zawartością cukrów przy jednocześnie wysokiej zawartości kwasów organicznych, co pokazało potencjalne ograniczenia i skłoniło do poszukiwania innych metod zagospodarowania niż produkcja soków mieszanych. Zastosowanie zaawansowanych metod badawczych pozwoliło na identyfikację 15 związków polifenolowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że przy użyciu techniki LC-MS/QTOF i UPLC-PDA w owocach *Chaenomeles* po raz pierwszy dokonano charakterystyki chlorofilu i karotenoidów oraz dokonano analizy pełnego profilu aminokwasowego. Za naukowo i poznawczo wartościowe należy uznać profilowanie przeciwutleniaczy za pomocą UPLC-PDA techniką derywatyzacji postkolumnowej z użyciem kationorodnika ABTS•+. Podjęte badania stanowią cenne uzupełnienie wiedzy na temat aktywności pigwowca, w kontekście potencjału hamowania lipazy trzustkowej oraz właściwości przeciweurodegeneracyjnych oraz przeciwzapalnych.

Po wytypowaniu potencjalnie najlepszych odmian do dalszych badań, określano wpływ wybranych metod i parametrów procesu suszenia owoców pigwowca na jakość uzyskanego suszu (**P3**). Porównano metodę sublimacyjną, metodę konwekcyjną przy 3 różnych temperaturach, metodę mikrofalowo-próżniową przy zastosowaniu 4 różnych wariantów różniących się mocą mikrofal oraz metodę kombinowaną łączącą podsuszanie konwekcyjne i dosuszanie mikrofalowo-próżniowe stosując różne temperatury procesu. Szczegółowa analiza uzyskanych wyników wykazała wpływ parametrów suszenia na fizyko-chemiczne właściwości produktu finalnego. Jednocześnie rozpatrując problem w ujęciu wielu aspektów wykazano, że co prawda suszenie sublimacyjne owoców pigwowca japońskiego pozwala na uzyskanie suszu o najkorzystniejszych parametrach fizykochemicznych, ale metoda kombinowana łącząca konwekcyjne suszenie wstępne w temperaturze 70°C i dosuszanie mikrofalowo-próżniowe przy mocy 120 W, może być konkurencyjna szczególnie w aspekcie ekonomicznym poprzez siedmiokrotne skrócenie czasu suszenia, stanowiąc ogólnie akceptowalny kompromis. W tym kontekście prosiłbym o skonfrontowanie informacji zawartych na str. 29 (2 akapit od dołu) z

wnioskiem 4 i wyjaśnienie, którą z metod można uznać za bardziej preferowaną (metoda sublimacyjna, czy optymalna metoda kombinowana).

Dobrze wpasowującym się w koncepcję pracy i odpowiedzi na postawione cele szczegółowe jest opracowanie i optymalizacja otrzymywania suszy pigwowcowego z zastosowaniem odwadniania osmotycznego jako modulatora właściwości funkcjonalnych (**P4**). Na uwagę zasługuje fakt, że wykorzystując doświadczenia zdobyte w poprzednim etapie Doktorant dalej poszukiwał możliwości udoskonalenia otrzymywanego suszu przez redukcję czasu procesu, jak i modulację składu - obniżenie kwasowości produktu z jednoczesną poprawą innych cech sensorycznych i wzbogacenie produktu w prozdrowotne składniki bioaktywne zawarte w innych owocach. Daje to nowe możliwości aplikacyjne dla zastosowanie pigwowca na skalę przemysłową. Na etapie odwadniania osmotycznego użyto szeroką gamę sześciu różnych zagęszczonych soków owocowych, głównie z polskich owoców (aronii, czarnych porzeczek, jabłek, gruszek, wiśni). W tym miejscu prosiłbym o wyjaśnienie, co skłoniło Doktoranta do zastosowania zagęszczonego soku z ananasa. Udowodniona w pracy możliwość zrównoważenia smaku słodko-kwaśnego pozwala na zaoferowanie konsumentowi produktu o akceptowalnych cechach i wysokiej jakości składników bioaktywnych, a takie badania na owocach pigwowca dotychczas nie były prowadzone. Dodatkowo opracowany sposób postępowania technologicznego pozwolił na uzyskanie w produkcie finalnym zdecydowanie wyższego stężenia związków fenolowych, co istotnie przełożyło się na wzrost aktywności przeciwutleniającej. Potencjalną prozdrowotność uzyskanego produktu potwierdza między innymi fakt, że w wyniku odwadniania osmotycznego uzyskano istotnie wyższą aktywność antycholigoryczną, jak również potwierdzono zdolność do hamowania α -glukozydazy i lipazy trzustkowej. Należy podkreślić, że modyfikacji właściwości antycholinergicznym otrzymanego produktu suszonego z owoców pigwowca dotychczas nie badano, co jest kolejnym czynnikiem wyróżniającym przedstawione badania.

Kolejnym podjętą w rozprawie tematyką była mikroenkapsulacja jako innowacyjny sposób wykorzystania owoców pigwowca i stabilizacji związków bioaktywnych (**P5**). Zaproponowanie produktu o wysokiej zawartości składników bioaktywnych na bazie pigwowca japońskiego to odpowiedź na oczekiwania, konsumentów, ale wymagało ono pokonania ograniczeń na etapie proszkowania, związanych z obecnością kwasów organicznych i cukrów oraz wysoką lepkością. W wyniku przeprowadzonych badań uszeregowano zarówno metody jak i nośniki użyte do suszenia, pozwalające na najwyższą zachowalność związków fenolowych przy zastosowaniu suszenia sublimacyjnego i maltodekstryny. Prosiłbym o wyjaśnienie kwestii, że jednocześnie analiza statystyczna wyników aktywności

przeciwwtleniającej weryfikowanych metodami ABTS i FRAP w obrębie zastosowanych metod wykazała, że nie miały one istotnego wpływu na uzyskiwane wartości ($p>0,05$). Równocześnie należy podkreślić innowacyjność badań w zakresie zweryfikowania po raz pierwszy potencjału *in vitro* do hamowania α -glukozydazy, lipazy trzustkowej, AChE i 15-LOX w mikroenkapsułkowanych proszkach na bazie soku z owoców *Chaenomeles*. Fakt wykazania, że proszki owocowe mają duży potencjał do stosowania u osób z problemem nadwagi, przez ograniczenie aktywności lipazy trzustkowej, a tym samym zmniejszenie ilości tłuszczu wchłanianego do krwiobiegu, jest szczególnie istotny w dobie zmagania się naszej cywilizacji z problemem otyłości. Warty podkreślenia jest również dokonana po raz pierwszy próba określenia potencjału przeciwzapalnego jako zdolności inhibicji 15-LOX otrzymanych mikroenkapsułkowanych proszków z pigwowca.

W przyjętą strategię badań doskonale wpisuje się również optymalizacja technologii otrzymywania preparatu polifenolowego z owoców pigwowca metodami suszarniczymi (P6), co było dotąd niezbadane. Separację frakcji biologicznej na żywicy jonowymiennej dała możliwość pominięcia stosowania nośników. Odpowiedni dobór rodzaju i warunków technologii pozwolił na otrzymanie preparatu o wysokiej koncentracji związków fenolowych, których zidentyfikowano 15, z czego 50% stanowiły flawan-3-ole. Prezentowane badania są pierwszymi, w których dokonano oceny potencjału mikroenkapsułkowanego preparatu polifenolowego z soku z owoców pigwowca japońskiego pod względem zdolności do hamowania α -amylazy, α -glukozydazy i lipazy trzustkowej, co może przyczynić się do praktycznego wykorzystania jego potencjału przeciwcukrzycowego i przeciw otyłości, a jest szczególnie istotne w dobie zapobiegania i zwalczania chorób cywilizacyjnych.

Zwieńczeniem rozprawy doktorskiej jest syntetyczne podsumowanie i wnioskowanie. Sformułowane wnioski w pełni odnoszą się do przedstawionych wyników i wskazują, że postawiona hipoteza badawcza została w pełni zweryfikowana, a postawione cele osiągnięto. W przedłożonym komentarzu do cyklu publikacji wykorzystano 94, starannie dobrane pozycje literaturowe, z czego prawie 90% to pozycje anglojęzyczne, co świadczy o znajomości zagadnienia i aktualności tematu.

Sposób pisania potwierdza opanowanie warsztatu pisania opracowań naukowych przez Doktoranta. Przy pisaniu rozprawy dołożono starań pod względem edytorskim. Nieliczne błędy redakcyjne nie wpływają na bardzo wysoką wartość merytoryczną opracowania, a przedstawione w niniejszej recenzji uwagi mają jedynie charakter dyskusyjny. Potwierdzeniem wysokiego poziomu badań i sposobu ich opracowania oraz prezentacji jest chociażby fakt opublikowania ich w renomowanych, recenzowanych czasopismach o zasięgu światowym (IF

cyklu publikacji 32,752) oraz wysoka cytowalność tych prac, a także pionierskie podejście w wielu aspektach.

Dodatkowo chciałbym dodać, że zestawiony na końcu manuskryptu dorobek naukowy Doktoranta jest imponujący. Oprócz 6 publikacji stanowiących przedmiot rozprawy doktorskiej jest on współautorem 24 innych publikacji. Ponadto jest pierwszym autorem 9 ustnych wystąpień konferencyjnych oraz 10 posterów. Warto też podkreślić fakt, że oprócz kierowania 2 projektami stanowiącymi przedmiot rozprawy, Pan mgr inż. Piotr Turkiewicz był wykonawcą w 5 innych projektach badawczych. Udokumentowanym potwierdzeniem wyjątkowych dokonań jest między innymi „Stypendium dla wybitnego młodego naukowca na lata 2021-2024”, przyznane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Doktorant nieustannie doskonali swój warsztat badawczy. Brał udział w 8 szkoleniach i odbył 5 staży, z czego 4 w ośrodkach zagranicznych.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że w mojej ocenie przedstawiona rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Igora Turkiewicza pt. ”Potencjalne wykorzystanie owoców pigwowca (*Chaenomeles* ssp.) w otrzymaniu innowacyjnych produktów o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych” w pełni spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021, poz. 478.). W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu wniosek o przyjęcie będącej przedmiotem recenzji rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pana mgr. inż. Igora Turkiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Zdaniem recenzenta sposób realizacji badań i prezentacji wyników wskazuje o bardzo dobrym przygotowaniu Doktoranta do prowadzenia badań naukowych.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny rozprawy, kompleksowe podejście do rozwiązania problemu, umiejętne wykorzystanie w kolejnych etapach konkluzji wynikających z badań, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Igora Turkiewicza. Praca ta ma znaczący wkład w rozwój dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia, istotnie poszerza stan wiedzy w obszarze charakterystyki i zastosowania owoców pigwowca oraz zawiera istotne elementy nowatorskie i wysoki potencjał aplikacyjny.



Dr hab. inż. Stanisław Kalisz